

明 細 書

モータの制御装置及びその制御方法

5 技術分野

本発明は、工作機械を駆動する主軸モータ等に適用されるモータ制御装置及びその制御方法に関するものである。

背景技術

- 10 第14図は、位置制御運転と速度制御運転に対応するため、その制御モードに応じて位置ループと速度ループの切り替え機構をもつ従来のモータ制御装置の制御ブロック図を示したものである。第14図において、指令作成手段1内の速度指令手段2が速度指令信号 $V_r v$ を作成し、指令作成手段1内の位置指令手段3が位置指令信号 θ_r を作成する。
- 15 切替手段4は位置制御運転と速度制御運転とを切り替えるものであり、切替制御手段4aがスイッチ4b、4cを制御して位置制御ループもしくは速度制御ループに切り替える。位置制御運転要求時には、閉状態であるスイッチ4bを通過した位置指令信号 θ_r と、位置検出手段6にて検出されたモータ13の位置信号 θ_s との差分である位置偏差信号 θ_e
- 20 が位置制御手段5に入力され、位置制御手段5は速度指令に換算した速度指令演算信号 V_r を出力する。尚、位置制御運転要求時または主軸オリエンテーション時には指令作成手段1から位置指令信号 θ_r が出力されるが、速度制御運転要求時にはスイッチ4bが開状態にあり、しかもスイッチ4cが図における上側の接点と接続されるため、速度指令手段
- 25 2の出力である速度指令信号 $V_r v$ がスイッチ4cを通過する。

スイッチ4cを通過した速度指令信号 $V_r v$ と微分手段7によって位

置検出手段 6 にて検出されたモータ 13 の位置信号 θ_s の微分値との差分である速度偏差信号 V_e は速度制御手段 8 に入力される。

速度制御手段 8 は、速度比例制御手段 9 と速度積分制御手段 10 を備えている。速度偏差信号 V_e が速度制御手段 8 に入力されると、速度偏差信号 V_e は速度比例制御手段 9 と速度積分制御手段 10 の双方に伝達され、各々電流指令値を算出する。そして速度制御手段 8 は各々算出され加算された電流指令値 I_r を電流制限手段 11 に出力する。電流制限手段 11 は電流指令値 I_r を電流制御手段 12 が出力できる最大電流値に制限する。この電流制限手段 11 で電流が制限されているときには電流制限手段 11 は速度積分制御手段 10 に対し積分を中止するよう指令し、速度積分制御手段 10 は積分を停止し、電流が制限を受けている時に発生する速度偏差信号 V_e を不必要に積分して電流制限が解除されたときに速度指令値に対してのオーバーシュートを抑制する構成となっている。そして電流制御手段 11 から出力された電流制限値 I_{r1} を基に電流制御手段 12 はモータ 13 の電流を制御する。

また、第 15 図は第 14 図の制御装置における課題を解決するために発明された技術 (PCT WO 03/085816 A1) であり、運転モードに応じて、第 14 図のような位置制御ループと速度制御ループを切り替える処理は行わず、第 15 図においては、指令作成手段 1 内の切替手段 4 が位置制御運転か速度制御運転かを選択する。速度指令手段 2 から作成された速度指令信号 V_{rv} は積分手段 14 によって速度指令信号 V_{rv} に相当する位置指令信号 θ_r に換算される。また、モデル位置発生手段 15 は位置指令信号 θ_r を基に被制御対象の特性を含む等価な位置制御系モデルから理想的なモータ 13 の位置を算出する。電流制限手段 11 が最大電流に制限している際は、その出力するモデル位置発生手段 15 から算出されたモータ 13 の位置と実際に位置検出手段 6 から

計測されたモータ 13 の位置との偏差に応じて位置補正手段 19 がモータ制御装置の位置指令を補正するように指示し、動作する。

上記第 14 図のような従来のモータ制御装置では、速度制御運転要求時には位置ループを切り離して速度ループでモータを制御し、主軸停止時の位置決めを行うオリエンテーション時や同期タップ時、他の軸との同期運転時、位置制御による切削時などの場合には、位置ループを接続してモータの位置制御運転を行っており、各運転モード毎に切り替えを行っていた。そのため、速度ループと位置ループの切り替えをスムーズに行うためには、一度ある速度まで減速する必要がある。まず始めに第 14 図におけるスイッチ 4b を接続し、位置制御手段 5 が出力する速度指令演算信号 V_r が指令作成手段 1 内の速度指令手段 2 から出力される速度指令信号 V_{rv} と一致するまで一定速度での運転を続け、一致した時点でスイッチ 4c を接続する必要があるなど切り替え動作には時間を必要としており、切り替えタイミングが複雑となっていた。また、オリエンテーション時には一度ある速度まで減速した後、その時のモータ一回転内位置から指令作成手段 1 内で停止位置までの位置指令を作成し、電流制御手段 11 により電流制限値に達しない減速時定数で減速して位置決めを実施していた。したがって、オリエンテーション時には通常

の速度制御運転時の減速時間と比較して減速に要する時間が長くなっていた。

また、仮に速度ループ制御モードを止めすべての動作において位置ループ制御モードのみの対応とした場合には、電流制限によるトルク飽和などで位置偏差が広がり目標速度に対してオーバーシュートしたり減速開始が減速指令に対して遅れることがないように、加減速の傾きを緩やかにしてトルクが飽和しない範囲で使用する必要があり、加減速時間が長くなるなどの問題があった。

更に、第15図のブロック図で示す制御装置（PCT WO 03/085816 A1）は、前記従来モータ制御装置の問題点を解決するために発明されたものであり、モータの加減速時にモータ出力電圧の飽和や指令加速度に対するトルク不足などにより電流制限手段11が最大電流に制限している際は、その出力するモデル位置発生手段15から算出されたモータ13の位置と実際に位置検出手段6から計測されたモータ13の位置との偏差に応じて位置補正手段19がモータ制御装置の位置指令を補正するように指示して動作し、電流制限から開放され、その後の位置指令に対しては十分追従できる条件が整った時点でモータを所望の位置へ補正している。

具体的には、電流制限手段11から伝達され電流制限指令I1によって位置補正手段19内にある位置補正量制御手段19aがスイッチ19bを接続状態とするため、モデル位置発生手段15から算出されたモータ13の位置と実際に位置検出手段6から計測されたモータ13の位置との偏差である仮想位置偏差 θ_d は、微分手段17を経てスイッチ19bを通過し、積分手段20を経て補正位置偏差量 θ_{cd} として出力される。よって、位置指令手段3がスイッチ4dによって選択されている場合に実質的に位置指令信号 θ_r から仮想位置偏差 θ_d 分を引いて補正をすることで、指令作成手段1内の位置指令信号 θ_r との追従遅れを見かけ上無くし、電流制限から開放された時にオーバーシュートが発生するのを抑制する効果がある。

第16図は第15図に示したモータ制御装置における速度、電流、位置偏差の変化を表した図であるが、速度指令手段2がスイッチ4dによって選択されている場合に電流制限に掛かっている間、仮想位置偏差 θ_d 分を引いて補正が行われても速度指令信号 V_{rv} から換算された位置指令信号 θ_r の値自体が大きすぎるため、位置制御手段5からの出力す

る速度指令演算信号 V_r は、速度指令信号 V_{rv} と等価になってしまい、実際のモータ速度 V_s との差が開くことになる。したがって電流制限前の電流指令値 I_r と電流制限値 I_{rl} の値には大きな偏差が残ってしまい、モータの出力トルク特性が回復した場合に、電流指令 I_r が電流制限値 I_{rl} まで下がるのに要する時間が長くなり、電流制限から開放されたタイミング付近から行う速度制御や位置制御が遅れてしまうという問題点があった。

発明の開示

この発明は、以上のような問題点を解決するためのものであり、被制御対象を駆動するモータの回転位置の情報である位置信号と、前記モータの回転位置を指令する位置指令信号と前記位置信号との差である位置偏差信号に基づいて前記モータを位置ループと速度ループによる制御するモータ制御装置であって、前記モータへの出力電流を制限すると共にその出力電流制限時に電流制限信号を出力する電流制限手段と、電流制限信号が出力され、かつ速度制御運転時に、位置偏差信号の入出力偏差を求めてこれを出力する偏差制限手段と、この入出力偏差を積分する積分手段とを備え、前期位置指令信号から速度及び加減速の各指令信号を検出したとき、前記入出力偏差信号の積分値を前記位置偏差信号から減算することを特徴とするものである。

かかるモータ制御装置によれば、電流制限から開放されたタイミング付近から行う速度制御や位置制御が遅れてしまうという問題を解消するので、速度や位置に対するオーバーシュートを抑制することができる。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施例1を示すモータ制御装置のブロック図である。

第 2 図は、本発明の実施例 1 における偏差制限手段の処理を示すフローチャート図である。

第 3 図は、本発明の実施例 1 における動作を示す信号波形図である。

第 4 図は、本発明の実施例 2 を示すモータ制御装置のブロック図である。

第 5 図は、本発明の実施例 2 における動作を示す信号波形図である。

第 6 図は、本発明の実施例 3 における動作を示す信号波形図である。

第 7 図は、本発明の実施例 4 における動作を示す信号波形図である。

第 8 図は、本発明の実施例 5 を示すモータ制御装置のブロック図である。

第 9 図は、本発明の実施例 5 における偏差制限手段の処理を示すフローチャート図である。

第 10 図は、本発明の実施例 6 を示すモータ制御装置のブロック図である。

第 11 図は、本発明の実施例 7 を示すモータ制御装置のブロック図である。

第 12 図は、本発明の実施例 8 を示すモータ制御装置のブロック図である。

第 13 図は、本発明の実施例 8 における電流制限値制御部 31 が行う制御処理を示すフローチャート図である。

第 14 図は、従来のモータ制御装置を示すブロック図である。

第 15 図は、従来のモータ制御装置の課題を解決するために発明された制御装置（PCT WO 03/085816 A1）を示すブロック図である。

第 16 図は、従来のモータ制御装置における動作を示す信号波形図である。

発明を実施するための最良の形態

実施例 1.

本発明の一実施例を第 1 図によって説明する。第 1 図はこの発明の実
5 施例 1 によるモータ制御装置のブロック図である。尚、第 1 図中第 1 5
図と同一符号は同又は相当部分を示す。モータ制御装置外である指令作
成手段 1 内の速度指令手段 2 が速度指令信号 V_{rv} を作成し、指令作成
手段 1 内の位置指令手段 3 が位置指令信号 θ_r を作成する。速度指令手
段 2 で作成された速度指令信号 V_{rv} は積分手段 1 4 によって速度指令
10 信号 V_{rv} に相当する位置指令信号 θ_r に換算される。指令作成手段 1
内の切替手段 4 は位置制御運転と速度制御運転とを切り替えるものであ
り、切替制御手段 4 e がスイッチ 4 d を切替えて位置制御運転か速度制
御運転かを選択する。その際、切替制御手段 4 e は、切替時に位置制御
運転か速度制御運転かの情報である位置／速度運転切替えコマンド
15 MOD を出力する。

指令作成手段 1 から出力された位置指令信号 θ_r と位置検出手段 6 に
て検出された位置信号 θ_s との差である位置偏差信号 θ_e は積分手段 2
0 にて生成された補正位置偏差量 θ_{cd} に差引かれ、偏差入力信号 θ_f
として偏差制限手段 2 1 に入力される。また、位置指令信号 θ_r は微分
20 手段 2 2 によって指令速度信号 F_{dt} に変換され、さらに微分手段 2 3
によって指令加速度信号 A_{cc} に変換される。そして、位置／速度運転
切替えコマンド MOD、指令速度信号 F_{dt} 、指令加速度信号 A_{cc} 及
び偏差入力信号 θ_f と共に偏差制限手段 2 1 に入力される。偏差制限手
段 2 1 は所定の処理を行い、位置制御手段 5 に偏差制限手段出力値 θ_g
25 を出力する。偏差制限手段 2 1 の所定の処理の詳細については後述する。

偏差制限手段 2 1 の偏差制限手段出力値 θ_g は位置制御手段 5 に入力

され、位置制御手段 5 は速度指令に換算した速度指令演算信号 V_r を出力する。そして、速度指令演算信号 V_r と微分手段 7 によって位置検出手段 6 にて検出された位置信号 θ_s の微分値との差分である速度偏差信号 V_e は速度制御手段 8 に入力される。

- 5 速度制御手段 8 は、速度比例制御手段 9 と速度積分制御手段 10 を備えている。速度偏差信号 V_e が速度制御手段 8 に入力されると、速度度偏差信号 V_e は速度比例制御手段 9 と速度積分制御手段 10 の双方に伝達され、各々比例電流指令値と積分電流指令値を算出する。そして電流制御手段 8 は各々を加算した電流指令値 I_r を電流制限手段 11 に出力
- 10 する。電流制限手段 11 は電流指令値を電流制御手段 12 が出力できる最大電流値に制限する。そして電流制御手段 11 から出力された電流制限値 I_{rl} を基に電流制御手段 12 はモータ 13 の電流を制御する。

電流制限手段 11 で電流が制限されているときには、電流制限手段 11 は速度積分制御手段 10 に対し積分を中止するよう電流制限指令 I_1

15 を出力する。速度積分制御手段 10 は積分を停止し、電流が制限を受けている時に発生する速度偏差信号 V_e を不必要に積分して電流制限が解除されたときに速度指令値に対してのオーバーシュートを抑制する構成となっている。また、電流制限手段 11 は電流制限指令 I_1 を偏差制限手段 21 にも出力する。

- 20 偏差制限手段 21 について説明する。偏差制限手段 21 は、位置／速度運転切替えコマンド MOD、指令速度信号 F_{dt} 、指令加速度信号 A_{cc} の情報を基に、下記に示す処理による条件により位置補正手段 19 の位置補正量制御手段 19a に指令を送り所定の条件を基にスイッチ 19b を ON とし、また入出力偏差信号 V_h を出力し、また位置制御手段
- 25 5 へ偏差制限手段出力値 θ_g を出力する。

第 2 図はこの発明の実施例 1 による偏差制限手段 21 が行う処理のフ

ローチャートである。偏差制限手段 21 は以下に述べるような処理を行い、位置制御手段 5 に偏差制限手段出力値 θ_g を出力する。

偏差制限手段 21 の処理は、電流制限指令 I1 中 (S101) で、かつ、位置/速度運転切替えコマンド (MOD) が絶対的な位置の追従性を要求しない速度運転モード時 (S102) に、指令加速度信号 Acc が正の値 ($Acc \geq 0$) の場合には (S103)、もし偏差入力信号 θ_f が正の方向に増加していれば (S104)、偏差制限手段出力値 $\theta_g = \theta_g$ の前回値とし (S105)、入出力偏差信号 Vh を $Vh = \theta_f - \theta_g$ とする (S106)。その際、第 1 図の位置補正手段 19 内の位置補正量制御手段 19a に対し指令を送り、スイッチ 19b を ON にするため、偏差制限手段 21 の入出力偏差信号 Vh を積分手段 20 で累積し、補正位置偏差量 θ_{cd} を出力する。この補正位置偏差量 θ_{cd} を、位置偏差信号 θ_e から減算して偏差入力信号 θ_f が作成される。

また、指令加速度信号 Acc が負の値 ($Acc < 0$) の場合には (S109)、もし偏差入力信号 θ_f が負の方向に増加していれば (S110)、出力 $\theta_g = \theta_g$ の前回値とし (S111)、入出力偏差信号 Vh を $Vh = \theta_f - \theta_g$ とする (S112)。

偏差制限手段 21 の入出力偏差信号 Vh が $Vh = \theta_f - \theta_g$ となる時、第 1 図の位置補正手段 19 の位置補正量制御手段 19a がスイッチ 19b を ON とする。すると偏差制限手段 21 の入出力偏差信号 Vh を積分手段 20 で累積し、補正位置偏差量 θ_{cd} を生成する。この補正位置偏差量 θ_{cd} を、位置偏差信号 θ_e から減算する。これにより、モータの加減速時にモータ出力電圧の飽和や指令加速度に対するトルク不足などにより電流指令値がモータ制御装置内の制限値に達した場合、速度指令手段 2 がスイッチ 4d によって選択されている時に、速度指令信号 Vr から換算された位置指令信号 θ_r の値自体が大きすぎても、補正位置

- 偏差量 θ_{cd} の基となる入出力偏差信号 V_h は、位置指令信号 θ_r からモータ 13 の位置信号 θ_s との差である位置偏差信号 θ_e と補正位置偏差量 θ_{cd} との差であるので、先行文献 (PCT WO 03/085816A1) の場合であるモデル位置発生手段の位置出力とモータ 13 の位置信号 θ_s との差である仮想位置偏差 θ_d を基に積分したものと比べてより位置指令信号 θ_r を反映している分、補正值として適切なものである。したがって、位置制御手段 5 から出力される速度指令演算信号 V_r と実際のモータ速度 V_s と差をあまり大きくならないようにすることができる効果がある。これによりその後電流指令値 I_r に換算された際に電流制限値 I_{r1} とあまり相違しないようにすることができるため、実際のモータ速度 V_s と差が開きにくい。モータの出力トルク特性が回復した場合に、電流指令値 I_r が電流制限値 I_1 まで下がるのに要する時間が長くなり、電流制限から開放されたタイミング付近から行う速度制御や位置制御が遅れてしまうという問題を解消することができる。
- またさらに、偏差制限手段 21 の出力 θ_g をそれ以上増大または減少させないため、それ基に位置制御手段 5 から出力される速度指令演算信号 V_r と実際のモータ速度 V_s と差をそれ以上大きくならないようにすることができ、実際のモータ速度が増大または減少することにより速度偏差信号 V_e を減少方向させる効果がある。これによりその後電流指令値 I_r に換算された際に電流制限値 I_{r1} とほとんど相違しないようにすることができるため、実際のモータ速度 V_s と差がさらに開かない。モータの出力トルク特性が回復した場合に、電流指令値 I_r が電流制限値 I_1 まで下がるのに要する時間が長くなり、電流制限から開放されたタイミング付近から行う速度制御や位置制御が遅れてしまうという問題をさらに解消することができる。

尚、偏差制限手段 21 内での処理上、上記の場合以外は偏差制限手段

出力値 θ_g = 偏差入力信号 θ_f となる。また偏差制限手段 21 の入出力偏差信号 V_h が $V_h = 0$ でありかつスイッチ 19b は OFF となっているので補正位置偏差量 θ_{cd} は出力されない。

- また、第 3 図は、本発明の実施例 1 を実施したときの動作を説明した
- 5 信号波形図である。上段のグラフは横軸が時間で縦軸が速度であり、鎖線が速度指令信号 F_{dt} 、一点鎖線が速度指令演算信号 V_r 、実線がモータ速度 V_s である。また中段は横軸が時間で縦軸が電流であり、実線が電流指令値である。下段は横軸が時間で縦軸が位置偏差であり、実線が補正位置偏差量 θ_{cd} とモータ一回転内分偏差である。本発明では、
- 10 電流制限によりモータの加速度が十分得られず、指令作成手段 1 が出力する指令速度信号 V_{rv} とモータ速度 V_s の偏差が大きくなっても、偏差制限手段 21 は偏差制限手段出力値 θ_g を所定条件で制限して、位置制御手段 5 の出力である速度指令演算信号 V_r が実際のモータ速度 V_s との差である速度偏差信号 V_e が所定以上に大きくならないように制御
- 15 する。これにより、モータの出力トルク特性が回復して電流制限から開放されたタイミングから実施する位置補正への以降を迅速に行うことができ、電流制限から開放されたタイミング付近から行う速度制御や位置制御が遅れてしまうという問題を解消するので、速度や位置に対するオーバーシュートを抑制する効果がある。
- 20 したがって、この発明の実施例によれば、被制御対象を駆動するモータの回転位置の情報である位置信号と、モータの回転位置を指令する位置指令信号と位置信号との差である位置偏差信号に基づいてモータを位置ループと速度ループによる制御するモータ制御装置であって、モータへの出力電流を制限すると共にその出力電流制限時に電流制限信号を出力
- 25 する電流制限手段と、電流制限信号が出力され、かつ速度制御運転時に、位置偏差信号の入出力偏差を求めてこれを出力する偏差制限手段と、

この入出力偏差を積分する積分手段とを備え、位置指令信号から速度及び加減速の各指令信号を検出したとき、入出力偏差信号の積分値を前記位置偏差信号から減算するので、電流制限から開放されたタイミング付近から行う速度制御や位置制御が遅れてしまうという問題を解消するので、速度や位置に対するオーバーシュートを抑制することができる。

また、加速度情報が正の値の時に入出力偏差信号の積分値を位置偏差信号から減算しても増大している場合は偏差制限手段の出力を増大させず、加速度情報が負の値の時に入出力偏差信号の積分値を位置偏差信号から減算しても減少している場合は偏差制限手段の出力を減少させないので、

5 実施例 1 の場合より、電流制限から開放されたタイミング付近から行う速度制御や位置制御が遅れてしまうという問題を解消するので、速度や位置に対するオーバーシュートをより効果的に抑制することができる。

実施例 2.

本発明の他の実施例を第 4 図により説明する。第 4 図はこの発明の第 3 の実施例によるモータ制御装置のブロック図である。第 4 図中、第 1 図と同符号は同一または相当部分を示す。実施例 2 は、実施例 1 のものにおいて、実際のモータ位置が位置指令となるように補正するものであり、実施例 1 との構成の違いについて説明する。すなわち、位置補正手段 19 の出力側に、一回転内位置補正制御部 16 を備えている。この一回転内位置補正制御部 16 は位置キャンセル手段 19 の出力である補正位置偏差量 θ_{cd} を正規化しモータ一回転内位置偏差信号 V_{rh} を演算する（1 回転以上のデータを放棄し、1 回転以内のモータズレ量（位置指令と実際のモータとの間のズレ量）を演算する）。そして、電流制限状態が開放され電流指令が電流制限値内の領域にあることを判断すると、

15 20 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995

25 モータ一回転内位置偏差が 0 となるように一回転内補正量 V_{rh} を算出し、その一回転内補正量 V_{rh} を位置補正手段 19 の積分手段 20 に加

算する。

動作について説明する。第5図は本発明の実施例2を実施したときの動作を示す信号波形図である。グラフの条件は第3図の場合と全て同一である。

- 5 偏差制限手段21が入出力偏差信号 V_h を0とすると、モーター一回転内位置補正を行い、補正位置偏差量 θ_{cd} の一回転内位置(=指令位置と位置フィードバックとのモーター一回転内分偏差)を0へと制御している。

- したがって、この発明は実施例1の場合に加えて、一回転内位置補正
10 を行うことができる。

実施例3.

- この実施例は、実施例2のものにおいて、実際の1回転内モータ位置が位置指令となるように補正する際、その補正を早く行えるよう、加速時には補正量を増やし、また減速時には補正量を減らすようにしたもの
15 である。構成については、実施例2と全く同じである。

- 動作について説明する。第6図はこの発明の実施例3の動作を示す信号波形図であり、補正量計算処理を示している。第6図中、上から1, 2, 4段目は、第3図及び第5図の上段、中段、下段に対応し、3段目(a)に、一回転内位置補正信号 V_{rh} を示している。横軸は時間、縦
20 軸は補正量を示している。実施例2における一回転内位置補正制御部16(第4図参照)は、電流制限状態が開放され位置補正手段19内のスイッチ39が開放され信号36が0となった後、補正位置偏差量 θ_{cd} を正規化しモーター一回転内位置偏差信号 V_{rh} を演算する。そして、補正後の補正位置偏差量 θ_{cd} のモーター一回転内位置偏差信号 V_{rh} が0
25 となる量を、加速時は実際の位置フィードバックが位置指令から遅れる方向で、第6図の3段目(a)に示す一定の加減速パターンをもつ速度

波形を作成し、その一回転内補正量 V_{rh} を位置補正手段 19 の積分手段 20 の入力側に加算する。また、減速時は、実際の位置フィードバックが位置指令から進む方向で、第 6 図の 3 段目 (a) に示す一定の加減速パターンをもつ速度波形を作成し、その一回転内補正量 V_{rh} を位置補正手段 19 の積分手段 20 の入力側に加算する。一定の加減速パターンをもつ速度波形のトータルの補正量は、補正位置偏差量 θ_{cd} を加速時は減らして、減速時は増やして一回転内分位置を 0 にする距離となるように設定されるので、一定の加減速パターンで補正量が形成されることから短時間で補正量を決定し、一回転内位置補正をおこなうことができる。

したがって、この発明の実施例 3 によれば、実施例 2 の一回転内位置補正を短時間で実施することができる。

実施例 4.

この実施例は、実施例 3 の構成において、実際の 1 回転内モータ位置が位置指令となるように補正する際、その補正を早く行えるよう、一回転内位置補正信号の補正パターンをフィードバック速度に応じて変更するものである。構成は実施例 2、実施例 3 と同一である。

動作について説明する。第 7 図はこの発明の実施例 4 の動作を示す信号波形と、補正量計算処理を示している。第 7 図の上段の (a) は、第 6 図の 3 段目の (a) の一回転内位置補正信号 V_{rh} を示すものと同じである。第 7 図の中段は第 6 図の 4 段目と同じものであり、第 7 図の下段である (b) は、一回転内位置補正信号 V_{rh} の加減速の傾きを示している。横軸は速度、縦軸は傾き (加速度)、実線はケース 1、鎖線はケース 2、一点鎖線はモータのトルク特性である。

第 7 図の上段 (a) に示すように一回転内位置補正信号 V_{rh} の補正パターンにおける最大速度は、実際の補正開始時点の速度フィードバック

ク値に対しある比率 (γ) (例えば 10%) で規定している。また、一回転内位置補正信号の補正パターンにおける最高速度に到達するまでの傾き(加速度)は、第 7 図の下段 (b) の一点鎖線に示すようにモータの出力トルク特性に合わせて決定している。制御装置内の処理時間やメモリ容量に余裕があれば、第 7 図の下段 (b) のケース 1 (実線) のようにモータの出力トルク特性にあるマージンを見込んで連続的に選ぶことができるが、処理時間やメモリ容量に余裕がない場合にはケース 2 (鎖線) のように段階的に特性を決定することも可能である。これにより、電流制限から開放されたタイミングから行う一回転内位置補正を安定に、かつ、短時間で実施することが可能となる。

したがって、この発明の実施例 4 によれば、実施例 2 の一回転内位置補正を安定にかつ短時間で実施することができる。

実施例 5.

第 8 図はこの発明の他の実施例によるモータ制御装置のブロック図である。第 8 図中、第 1 図と同一符号は同一または相当部分を示す。この実施例においては、主軸モータが誘導電動機であって高速と低速で所定の特性を得たい場合、巻き線切り換えで対応するようにしたものであり、以下説明する。

指令作成手段 1 内の巻線切換手段 24 は、モータの巻線を切り換えた際に巻線切り換え要求コマンド CA を出力し、補正タイミングタイマ 25 はこの巻線切り換え要求コマンド CA を受け、巻線切り換え完了後のモータ一回転内位置補正を行うタイミングを計るタイマである。なお、コマンド CA は偏差制限手段 21 にも伝達されることとなる。第 9 図はこのモータの巻線切り換え要求コマンド CA を受信時の偏差制限手段 21 の処理を示している。巻線切り換え要求コマンド CA を受信時は、モータ制御装置はサーボオフしモータへの電流を遮断するが、この状態に

において偏差制限手段21は速度偏差信号 V_e が0となるように偏差制限手段出力値 θ_g を制限する。具体的な位置偏差制限の実施例としては、第2図の電流制限中(S101)で、かつ、位置/速度運転切替えコマンド(MOD)50が速度運転モード(S102)での処理動作と同様であるが、動作に移る判別条件が、第2図の(S101, S102)から、巻線切り換え要求中で、かつ、速度偏差信号 V_e が0でない場合(S119, S120)に変更となる。この(S119, S120)の条件となった場合、偏差制限手段21は偏差制限手段出力値 θ_g の増加を制限し、速度偏差信号 V_e を0に制御し、結果として電流指令値 I_r を0に制御する。

なお、この期間、スイッチ19bはオンし、補正位置偏差量 θ_{cd} の演算を行い偏差制限処理を実行する。また、巻線切換えが完了し、再びサーボオンした場合には補正位置偏差量 θ_{cd} のモーター回転内位置偏差を0とするように一回転内位置補正を開始するが、直後に再度電流制限にかかり再び偏差制限時の処理が始まる可能性があるため、補正タイミングタイマ25で一回転内位置補正のタイミングを図る。これにより、モータの巻線切り替え要求コマンドを受け一時的にサーボオフし巻線を切り替える処理を実行した場合にも、安定な動作が可能となる。

したがって、本発明の実施例5によれば、実施例2の効果のみならず、モータの巻線切り替え要求コマンドを受け一時的にサーボをオフし巻線を切り替える処理を実行した場合にも、安定な動作をすることができる。実施例6。

第10図はこの発明の他の実施例によるモータ制御装置のブロック図である。第10図中、第4図と同一符号は同一又は相当部分を示す。以下、第4図に示す実施例2との違いについて説明する。第10図においては、速度運転モード(絶対的な位置の追従性を要求しないモード)時

に一回転内位置合わせ抑制手段 26 からモーター一回転内位置の補正も必要としないことを示すコマンド PHS がモータ制御装置に入力され、そのコマンド PHS は、位置補正手段 19 内のスイッチ 27 と、偏差制限手段 21 と位置制御手段 5 との間のスイッチ 28 に伝達される。通常は
5 そのスイッチ 27 は偏差制限手段 21 の入出力偏差信号 V_h に接続されるようになっているが、そのコマンド PHS が入力された時、スイッチ 27 を切り換えて偏差制限手段 21 の入出力偏差信号 V_h 側とは反対側と接続する。その反対側は、位置指令信号 θ_r に基づいてモデル位置発生手段 15 が被制御対象の特性を含む等価な位置制御系モデルから理想的なモータ 13 の位置を算出し、その位置と実際に位置検出手段 6 から
10 計測されたモータ 13 の位置との偏差の微分値が接続されている。その際、位置／速度運転切替コマンド MOD が速度運転であるときは、理想的なモータ 13 の位置を算出し、その位置と実際に位置検出手段 6 から計測されたモータ 13 の位置との偏差から作成される。また、このコマ
15 ンド PHS が入力されている場合には、スイッチ 28 を切り換えて、偏差制限手段 21 を介さずに偏差入力信号 θ_f を位置制御器 5 へ直接入力させるよう接続する。

したがって、この発明の実施例 6 によれば、モーター一回転内の位置補正を要求しない場合には、加減速時間をモータ出力トルクに合わせて最
20 短にすることができる。

実施例 7.

第 11 図はこの発明の他の実施例によるモータ制御装置のブロック図である。第 11 図中、第 10 図と同一符号は同一または相当部分を示す。以下、第 10 図に示す実施例 5 との違いについて説明する。第 11 図に
25 おいては、モータ制御装置によるモータの制御を必要としないモードであるレディーオフの要求コマンド R DY が入力され、レディーオフ中に

は指令作成手段 1 はモータの実際の位置である位置信号 θ_s に位置指令信号 θ_r を合わせる処理を行う。また、レディーオフの要求コマンド R D Y は、位置補正手段 19 内の積分手段 20 にも入力され、コマンド R D Y が入力されると、積分手段 20 内の積分量を 0 にする。すなわち補
5 正位置偏差量 θ_{cd} を 0 とする。

したがって、この発明の実施例 7 によれば、補正位置偏差量 θ_{cd} が累積し、モータ制御装置内で用意したメモリ等のデータ量を超えてしまつて制御系が不安定になることを抑制できる。

尚、実施例 6 に基づいているが、実施例 7 に追加された事項は実施例
10 1 に追加した場合でも上記と同様の効果を奏することができる。
実施例 8.

第 12 図はこの発明の他の実施例によるモータ制御装置のブロック図である。第 12 図中、第 11 図と同一符号は同一または相当部分を示す。以下、第 11 図に示す実施例 6 との違いについて説明する。この実施例
15 においては、実施例 6 に対し、補正位置偏差量 θ_{cd} を基に電流制限値制御手段 31 が所定の条件を基に電流制限手段 11 が出力する電流指令値 I_{r1} を変更する。

第 13 図はこの発明の実施例 7 における電流制限値制御手段 31 が行う制御処理を示すフローチャート図である。位置／速度運転切替コマ
20 ンド MOD が速度運転モード（絶対的な位置の追従性を要求しないモード）時（S121）で、かつ、ドループキャンセル量 θ_{cd} がモータ制御装置内で用意されているデータ量のある規定値（ $\alpha\%$ ）以上となった場合（S122）、電流制限手段 11 が出力する電流指令値 I_{r1} の最大値を加速時と減速時とで分け、加速時の制限値を減速時の最大値より
25 ある比率（ $\beta\%$ ）で小さくする（S123）。一般的に、減速時が位置指令との偏差が大きくなり補正位置偏差量 θ_{cd} は、減速時に行われる

補正位置偏差量 θ_{cd} の符号で累積していく。このため、長時間の運転時により補正位置偏差量 θ_{cd} がモータ制御装置内で用意されているデータ量に近づいた場合には、加速時のトルク制限を大きくし、加速時の補正位置偏差量 θ_{cd} を減速時のキャンセル量より大きくして、累積値を一定に保つ。なお、補正位置偏差量 θ_{cd} が再びモータ制御装置内で用意されているデータ量のある規定値 ($\gamma\%$) 以下となった場合 (S 124)、電流制限器 11 の制限値をもとの規定値に戻す (S 125)。

したがって、この発明の実施例 8 によれば、実施例 7 の発明に加え、補正位置偏差量 θ_{cd} が累積し、モータ制御装置内で用意したメモリ等のデータ量を超えてしまつて制御系が不安定になることをさらに抑制することができる。

尚、実施例 7 に基づいているが、実施例 8 に追加された事項は実施例 1 に追加した場合でも上記と同様の効果を奏することができる。

15 産業上の利用可能性

この発明に係るモータの制御装置は、NC 装置の主軸モータ制御の用途として用いられるのに適している。

請 求 の 範 囲

1. 被制御対象を駆動するモータの回転位置の情報である位置信号と、前記モータの回転位置を指令する位置指令信号と前記位置信号との差である位置偏差信号に基づいて前記モータを位置ループと速度ループによる制御するモータの制御装置であって、前記モータへの出力電流を制限すると共にその出力電流制限時に電流制限信号を出力する電流制限手段と、電流制限信号が出力され、かつ速度制御運転時に、位置偏差信号の入出力偏差を求めてこれを出力する偏差制限手段と、この入出力偏差を積分する積分手段とを備え、前期位置指令信号から速度及び加減速の各指令信号を検出したとき、前記入出力偏差信号の積分値を前記位置偏差信号から減算することを特徴とするモータの制御装置。
2. 加速度情報が正の値の時に前記入出力偏差信号の積分値を前記位置偏差信号から減算しても増大している場合は前記偏差制限手段の出力を増大させず、加速度情報が負の値の時に前記入出力偏差信号の積分値を前記位置偏差信号から減算しても減少している場合は前記偏差制限手段の出力を減少させないことを特徴とする請求の範囲 1 に記載のモータの制御装置。
3. 電流制限指令がない時にモータの一回転内の位置を制御する一回転内位置補正制御手段を備えたことを特徴とする請求の範囲 1 に記載のモータの制御装置。
4. 前記一回転内補正量を加減速パターンにて出力する前記一回転内位置補正制御部を備えることを特徴とする請求の範囲 3 に記載のモータ

の制御装置。

5. 前記一回転内補正量を加減速パターンを前記加減速パターンの加速時の加速度と最大速度とをモータのトルク特性に応じて決定して出力する前記一回転内位置補正制御部を備えることを特徴とする請求の範囲3に記載のモータの制御装置。

6. モータの巻線切り替え要求により巻線を切り替える際に出力値を速度偏差信号が0となる値とした前記偏差制限手段を備えることを特徴とする請求の範囲3に記載のモータの制御装置。

7. 位置指令信号に基づいて前記被制御対象の特性を含む等価な位置制御系モデルから理想的なモータの位置を出力する位置ループモデル手段と、位置ループモデル手段の出力値と実際のモータの位置信号との偏差の信号と、前記位置指令信号とその制限した出力との差の出力とを選択可能とする前記位置補正手段と、前記位置指令信号とその制限した出力との差の出力が選択され、かつ前記電流制限指令がある場合に偏差制限手段への入力信号を位置制御手段へ入力させるスイッチを備えたことを特徴とする請求の範囲3に記載のモータの制御装置。

20

8. モータの一回転内位置の制御を必要としないとする信号が入力された場合、補正位置偏差量を0とすることを特徴とする請求の範囲1に記載のモータの制御装置。

9. 補正位置偏差量が所定値以上となった場合にモータを加減速させる時の電流制限値の最大値を切り替える電流制限値制御手段を備えたこ

25

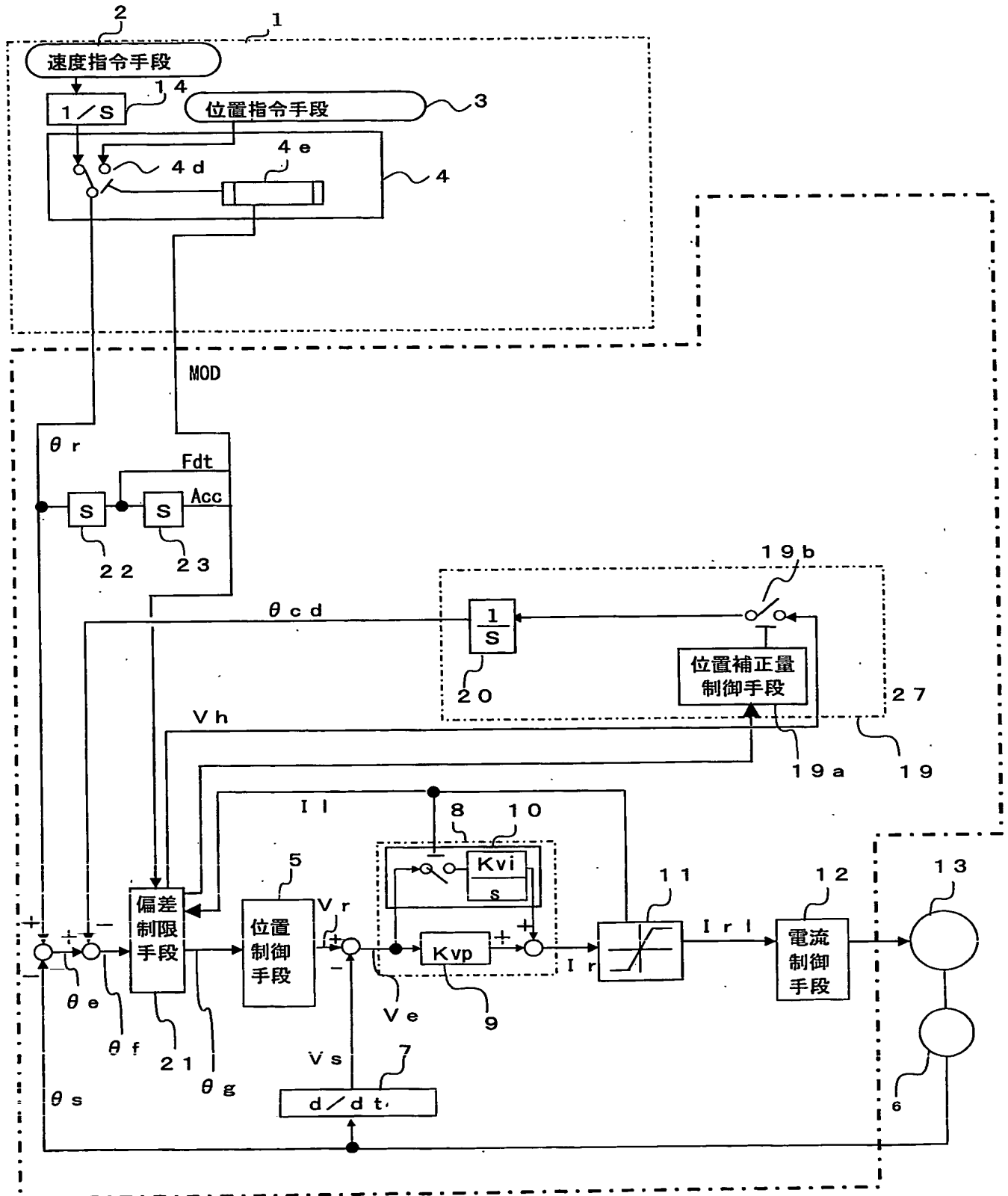
とを特徴とする請求の範囲 1 に記載のモータの制御装置。

10. 被制御対象を駆動するモータの回転位置の情報である位置信号と、前記モータの回転位置を指令する位置指令信号と前記位置信号との
5 差である位置偏差信号に基づいて前記モータを位置ループと速度ループ
による制御するモータの制御方法であって、前記モータへの出力電流を
制限すると共にその出力電流制限時に電流制限信号を出力するステップ
と、電流制限信号が出力され、かつ速度制御運転時に、位置偏差信号の
10 入出力偏差を求めてこれを出力するステップと、この入出力偏差を積分
するステップと、前期位置指令信号から速度及び加減速の各指令信号を
検出したとき、前記入出力偏差信号の積分値を前記位置偏差信号から減
算するステップとを備えたことを特徴とするモータの制御方法。

11. 加速度情報が正の値の時に前記入出力偏差信号の積分値を前記
15 位置偏差信号から減算しても増大している場合は前記偏差制限手段の出
力を増大させず、加速度情報が負の値の時に前記入出力偏差信号の積分
値を前記位置偏差信号から減算しても減少している場合は前記偏差制限
手段の出力を減少させないことを特徴とする請求の範囲 10 に記載のモ
ータの制御方法。

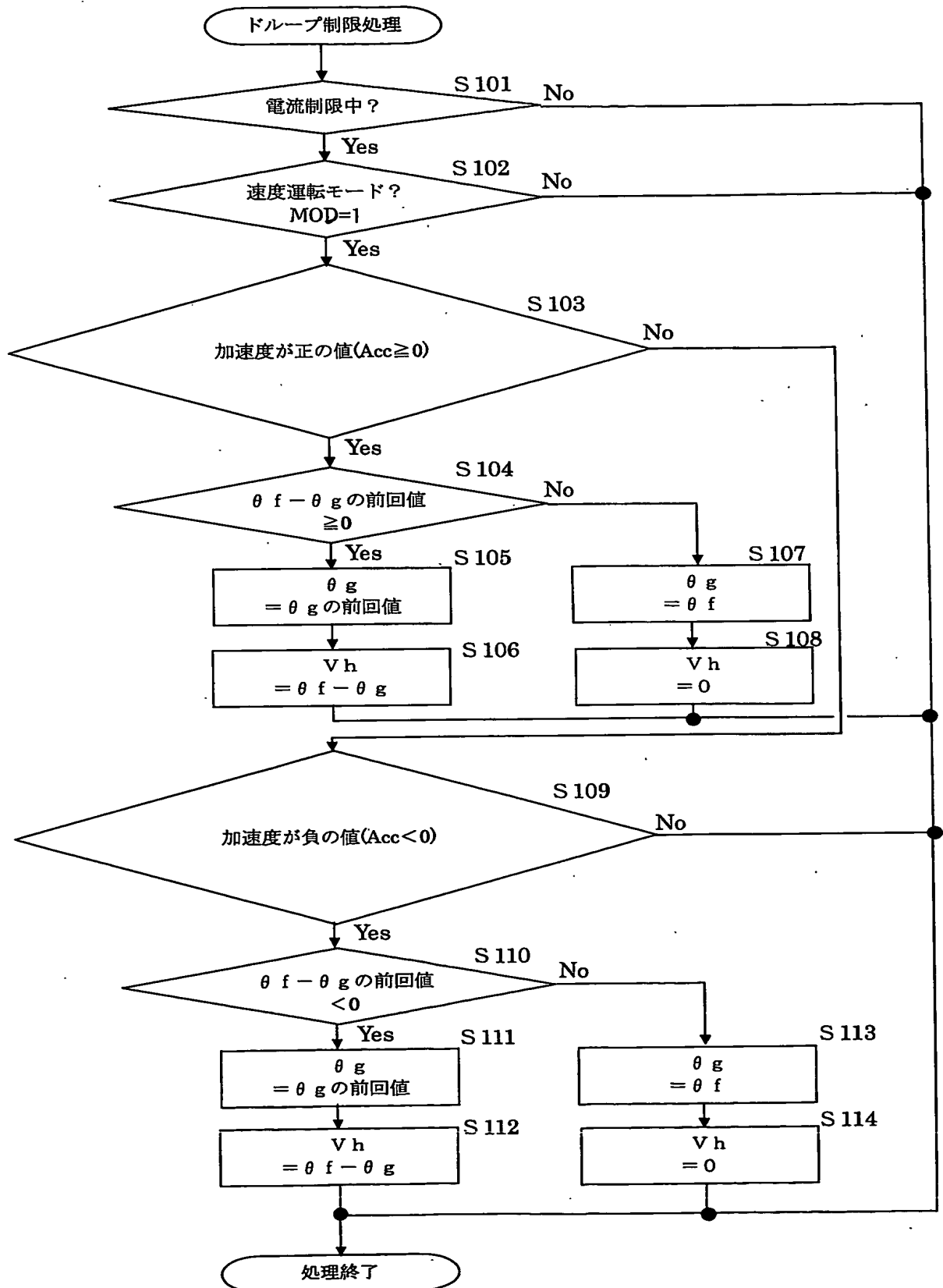
1 / 16

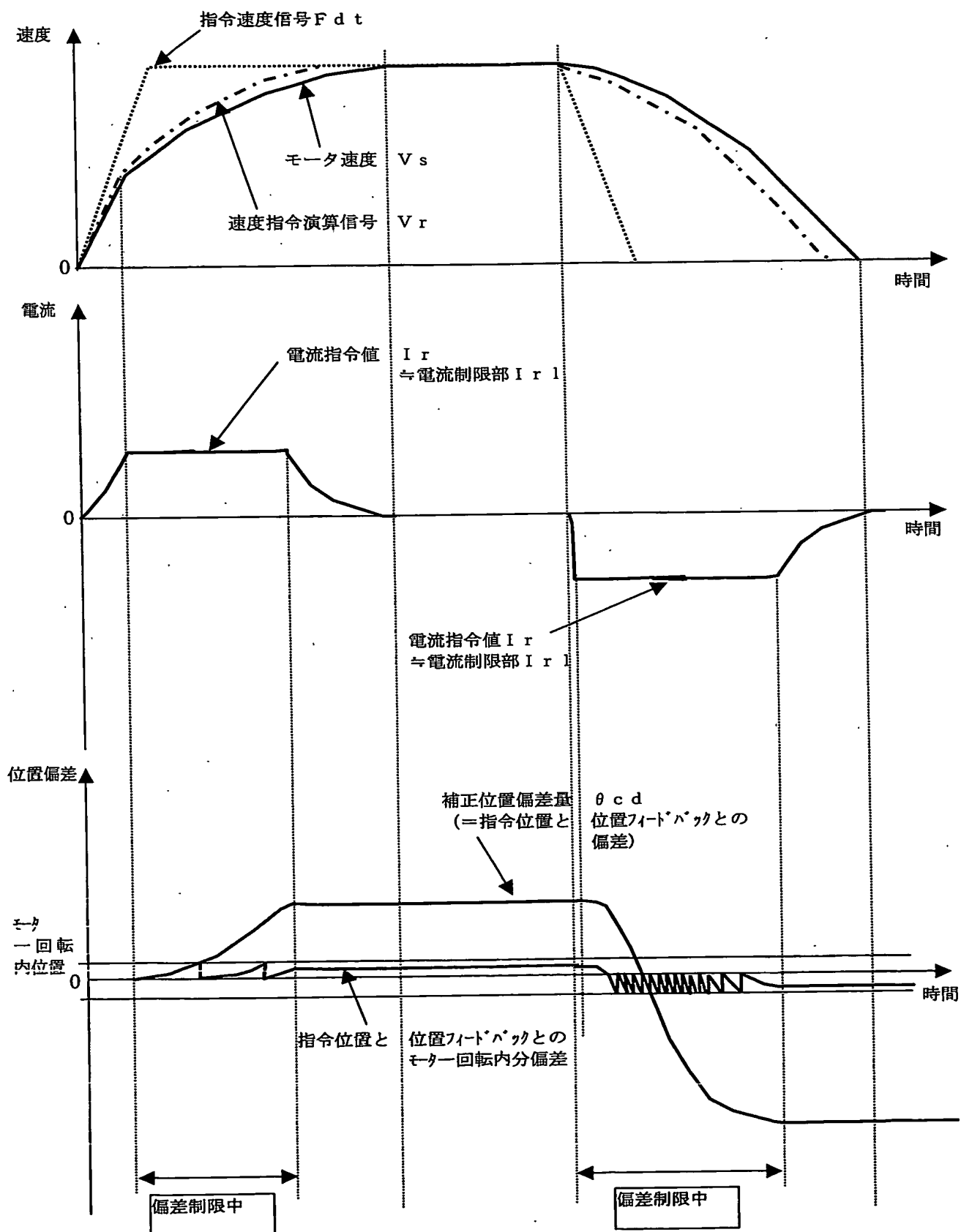
第1図



2 / 1 6

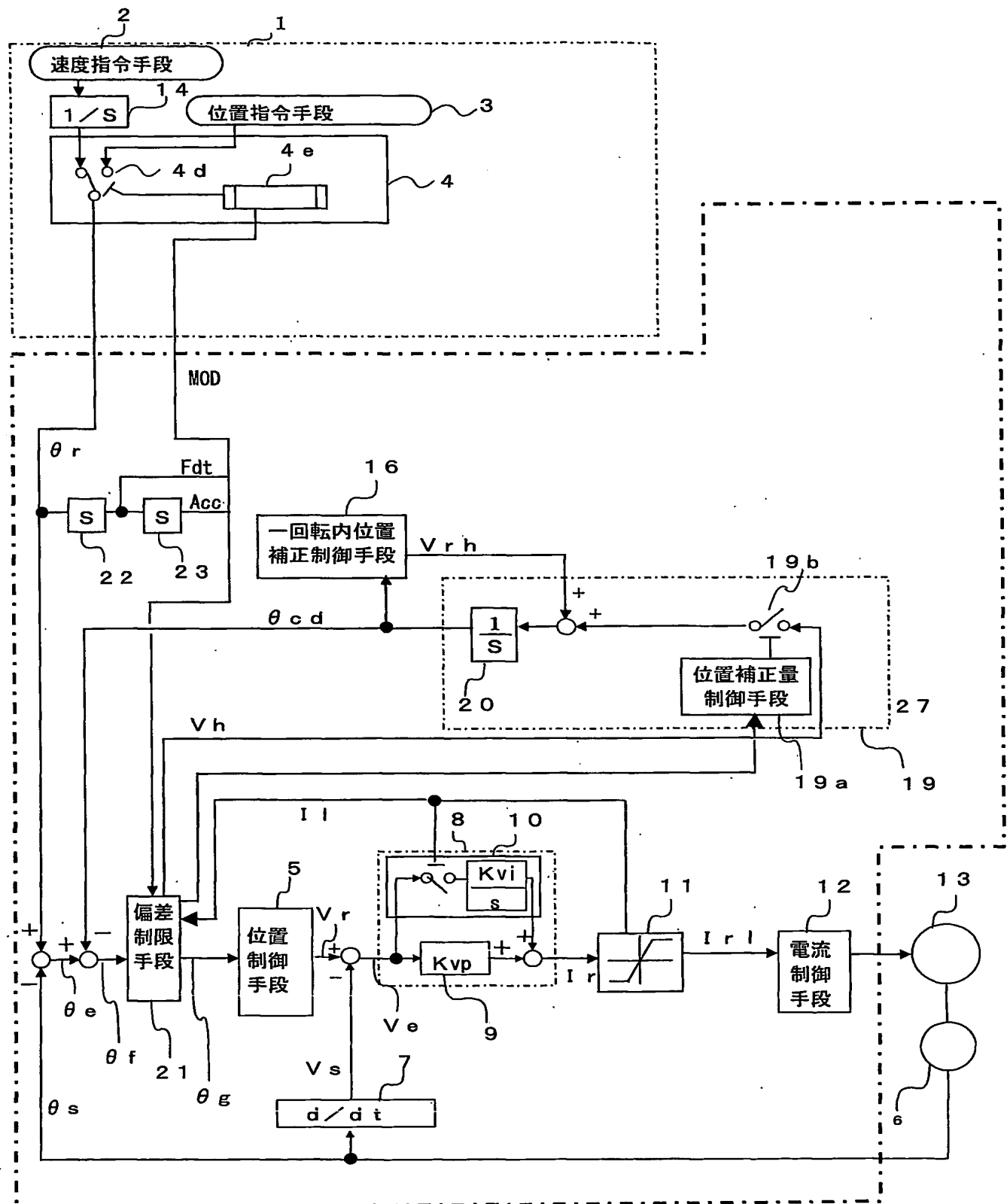
第 2 図



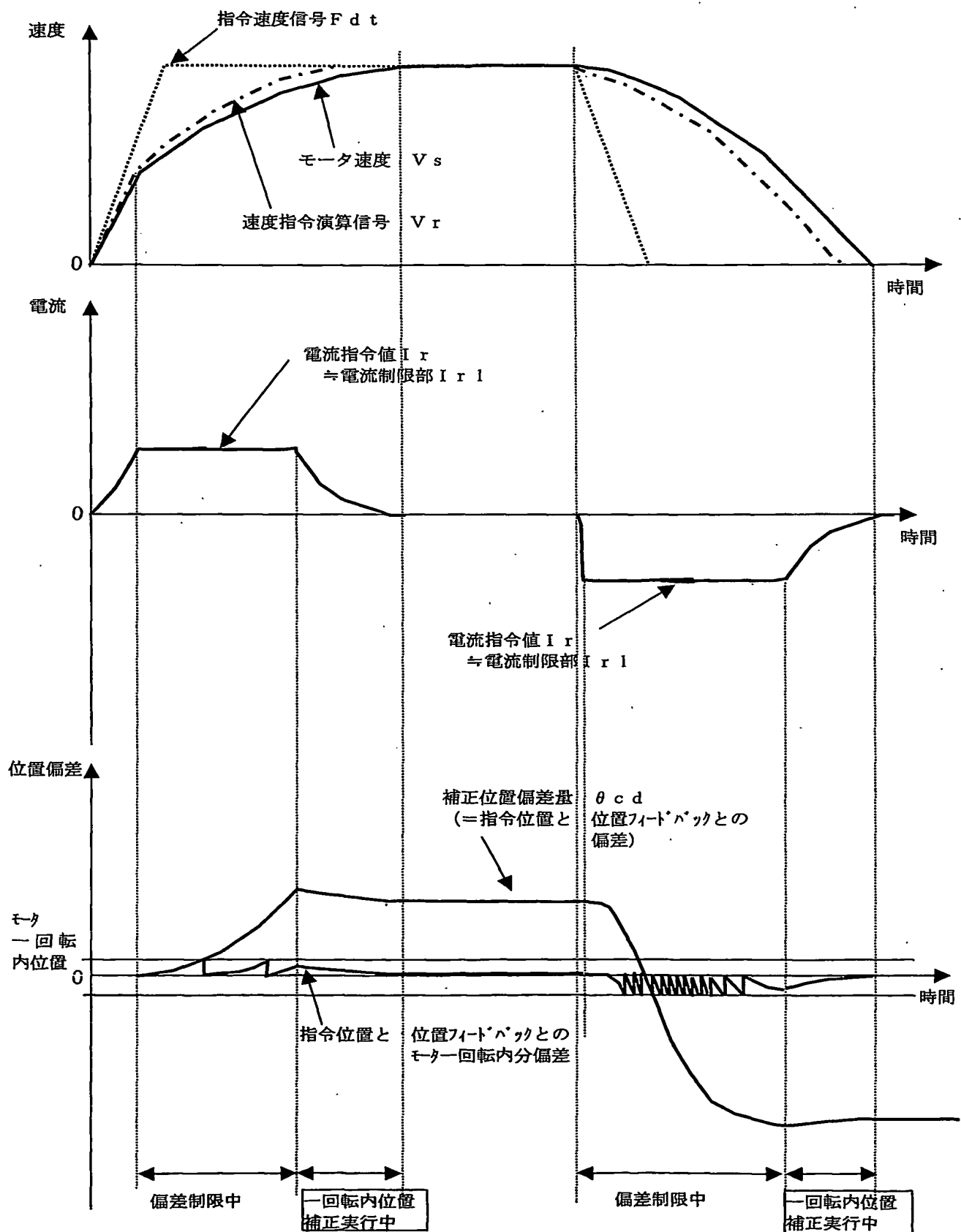
3 / 16
第3図

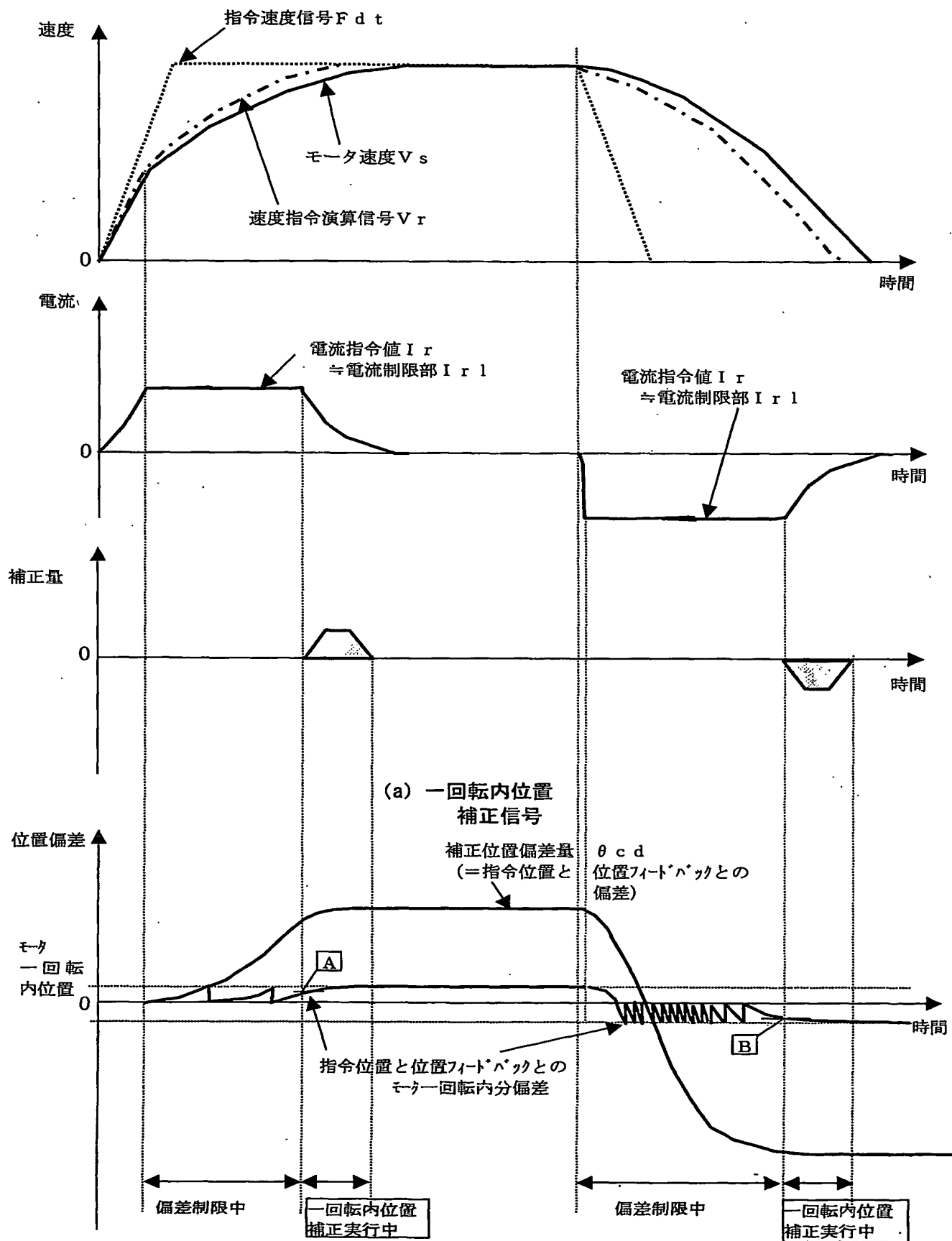
4 / 1 6

第4図

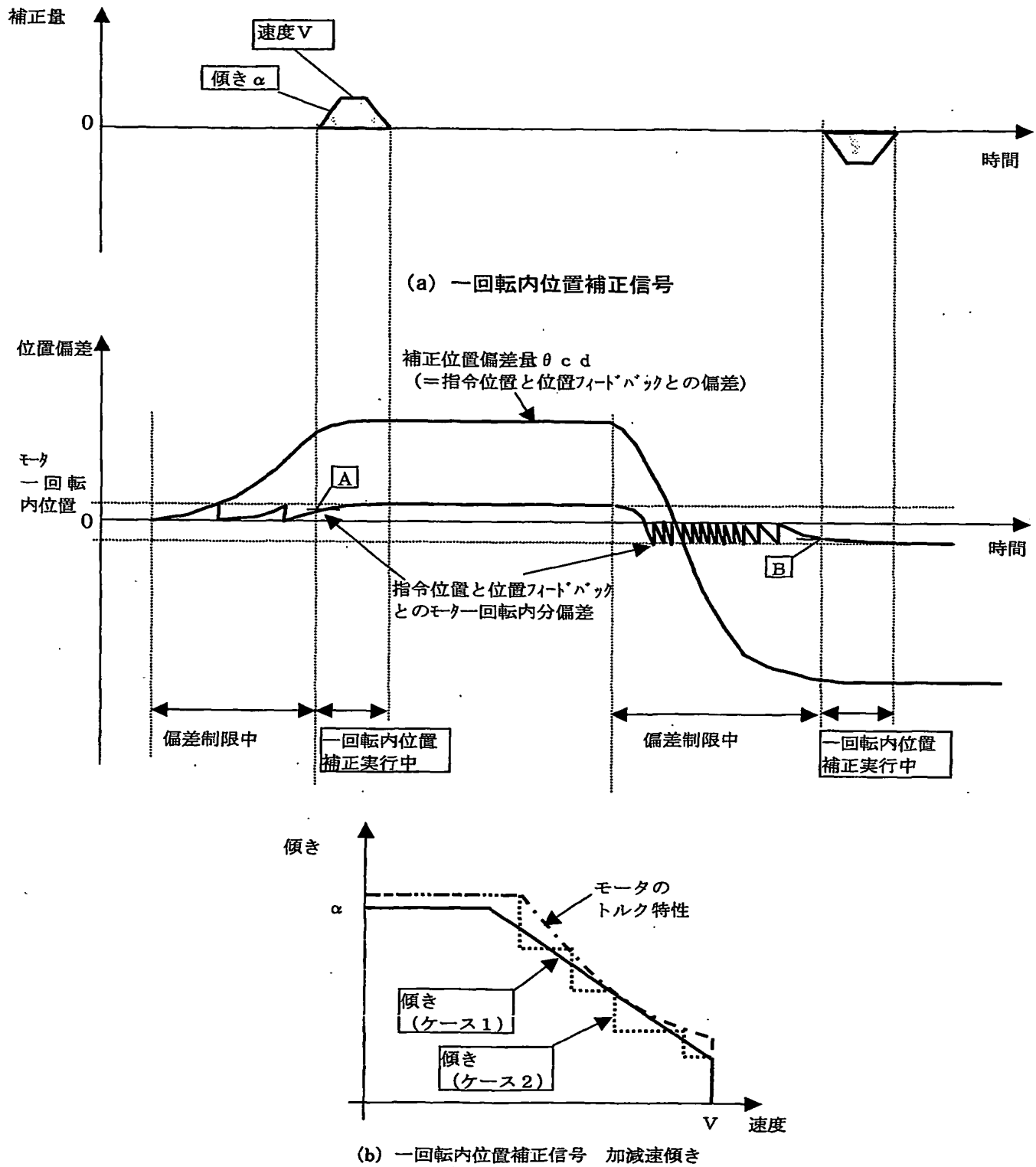


5 / 16
第5図

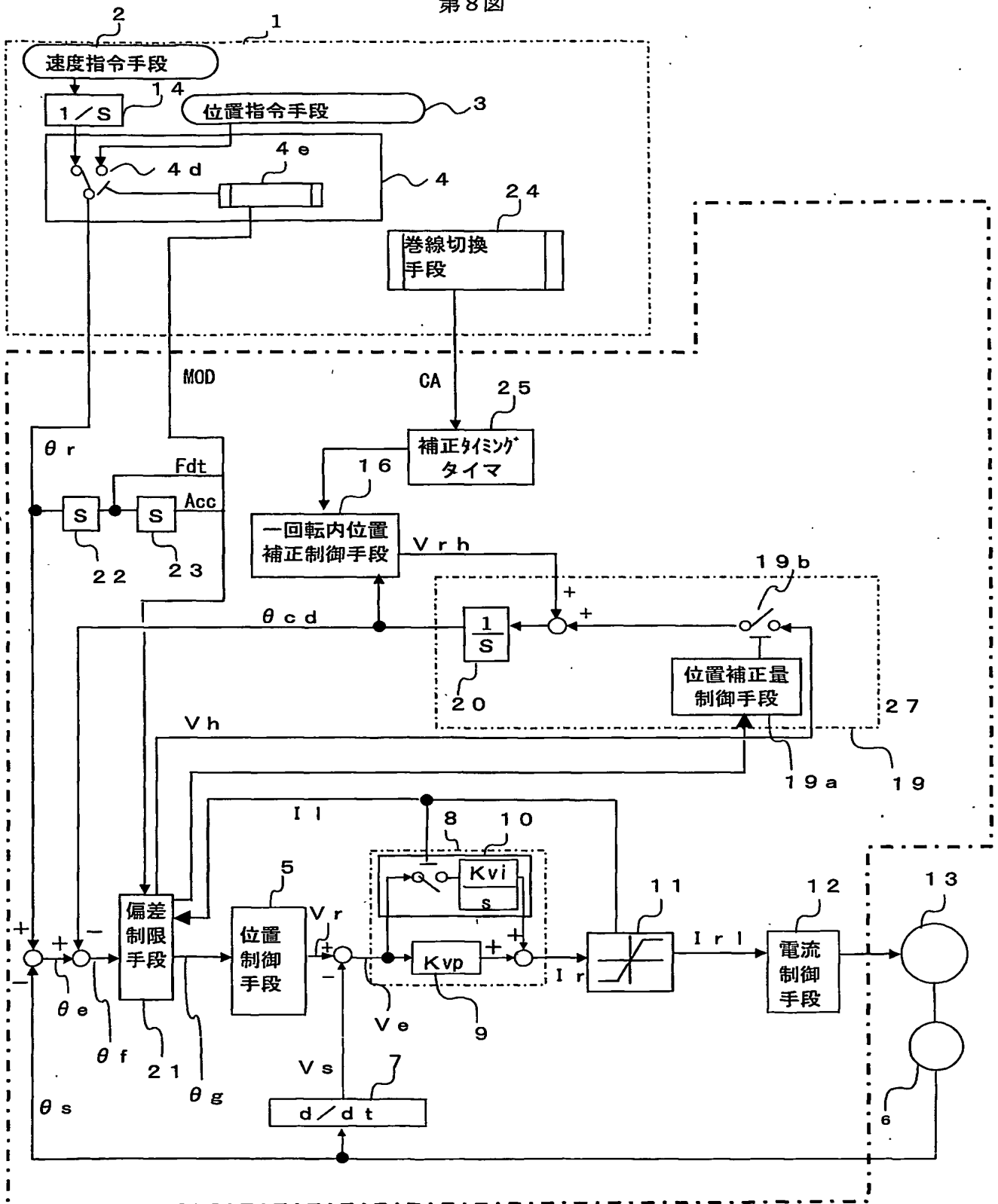


6 / 16
第6図

7 / 16
第7図

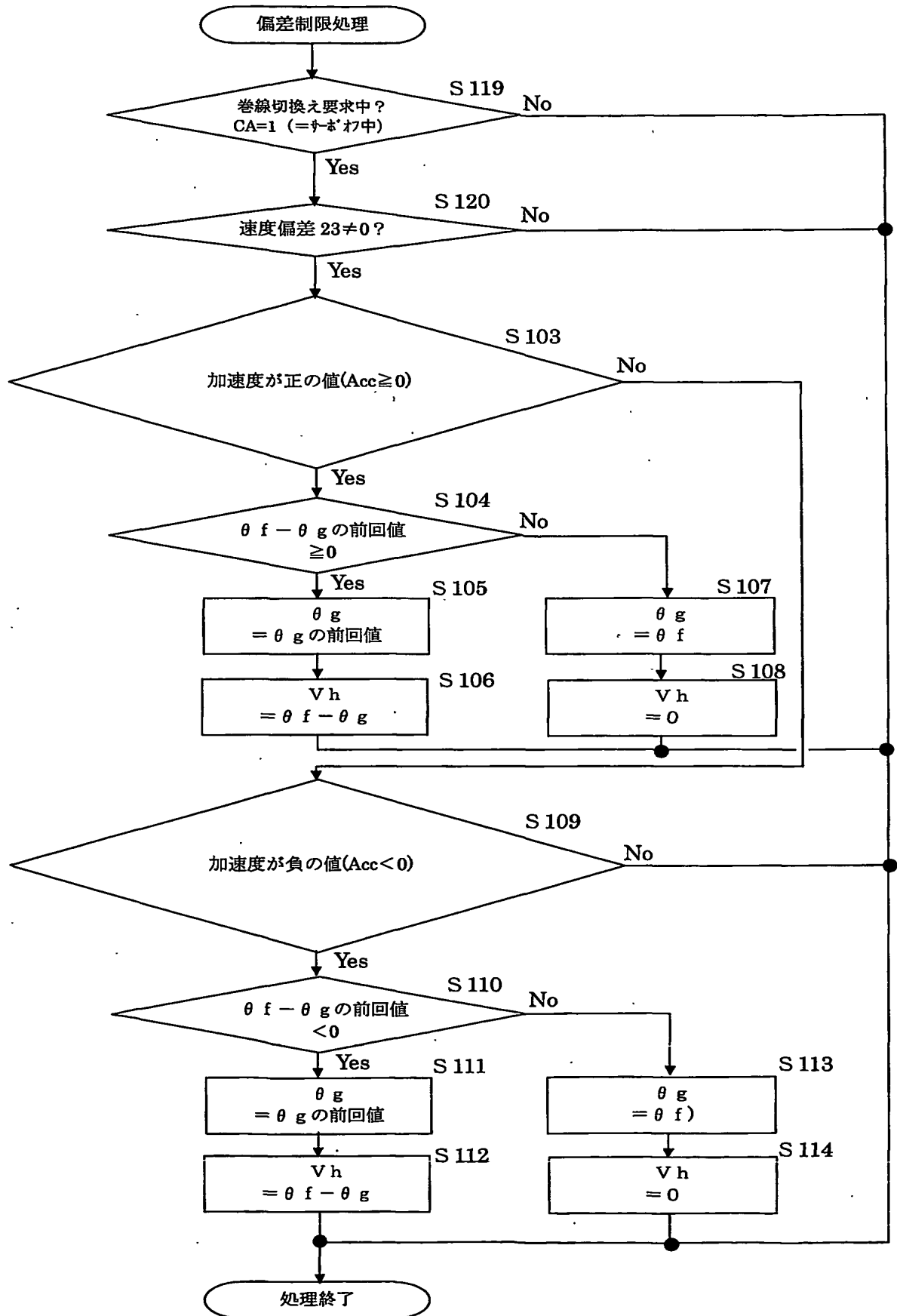


8 / 16
第8図



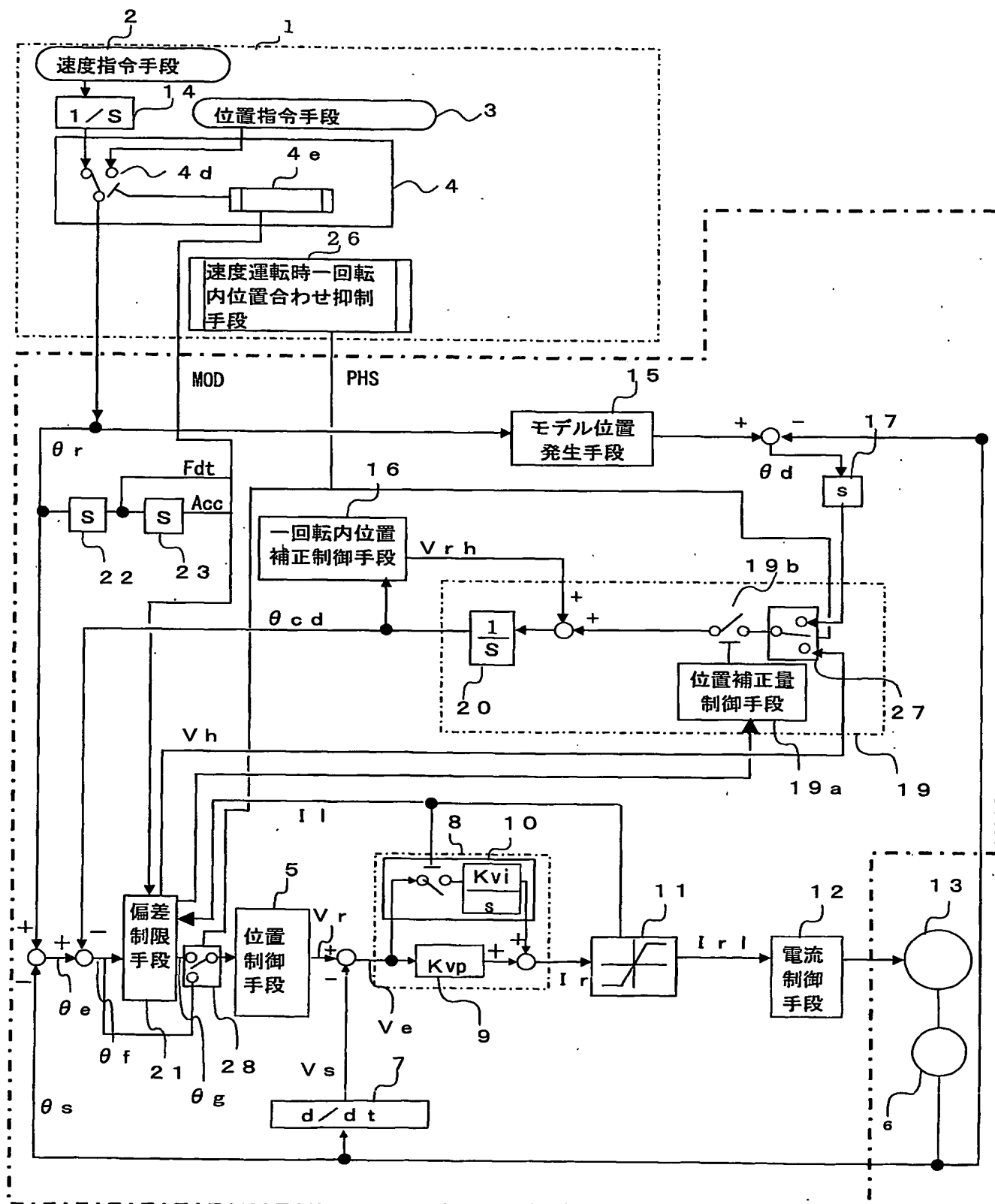
9 / 16

第9図



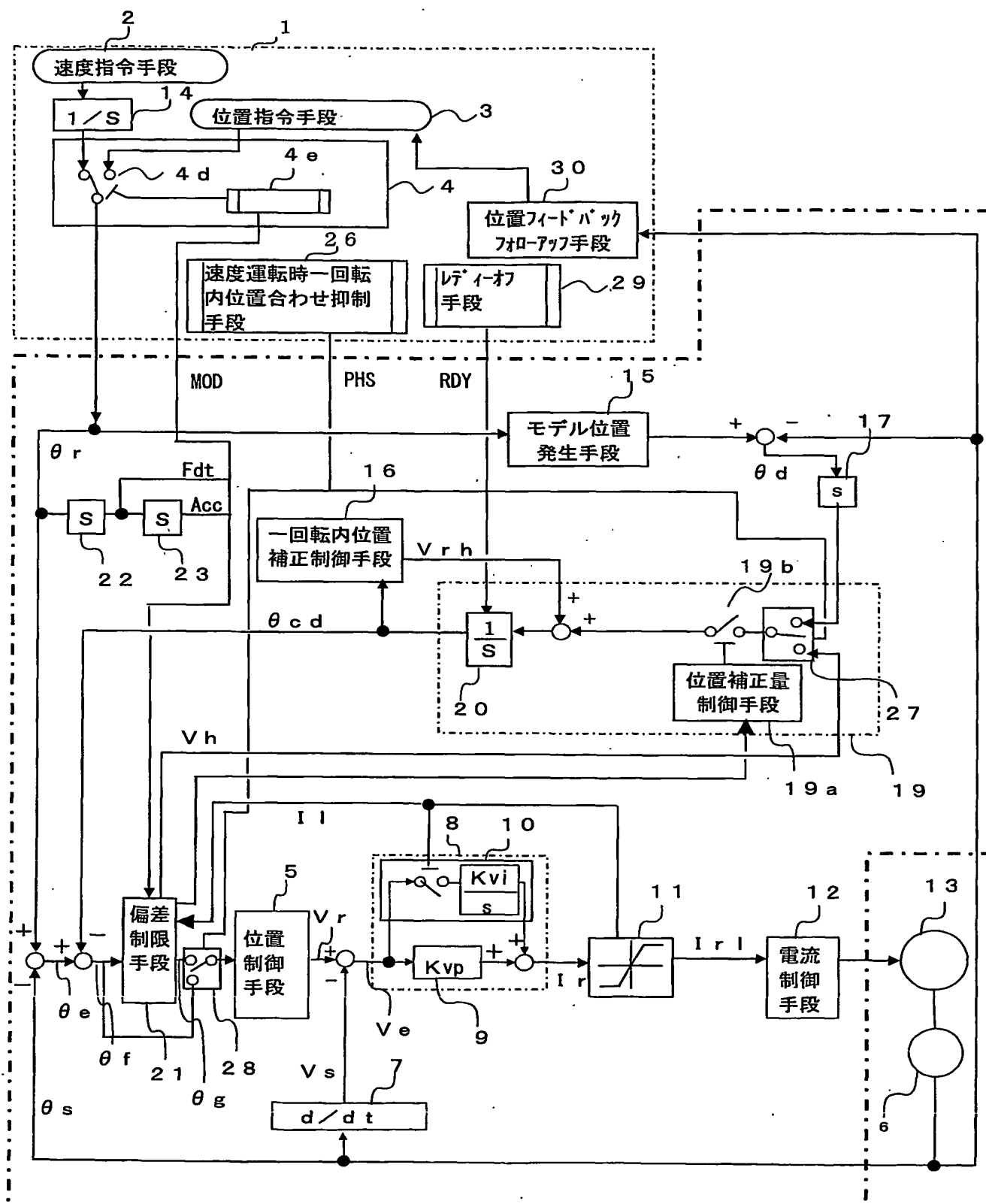
10/16

第10図



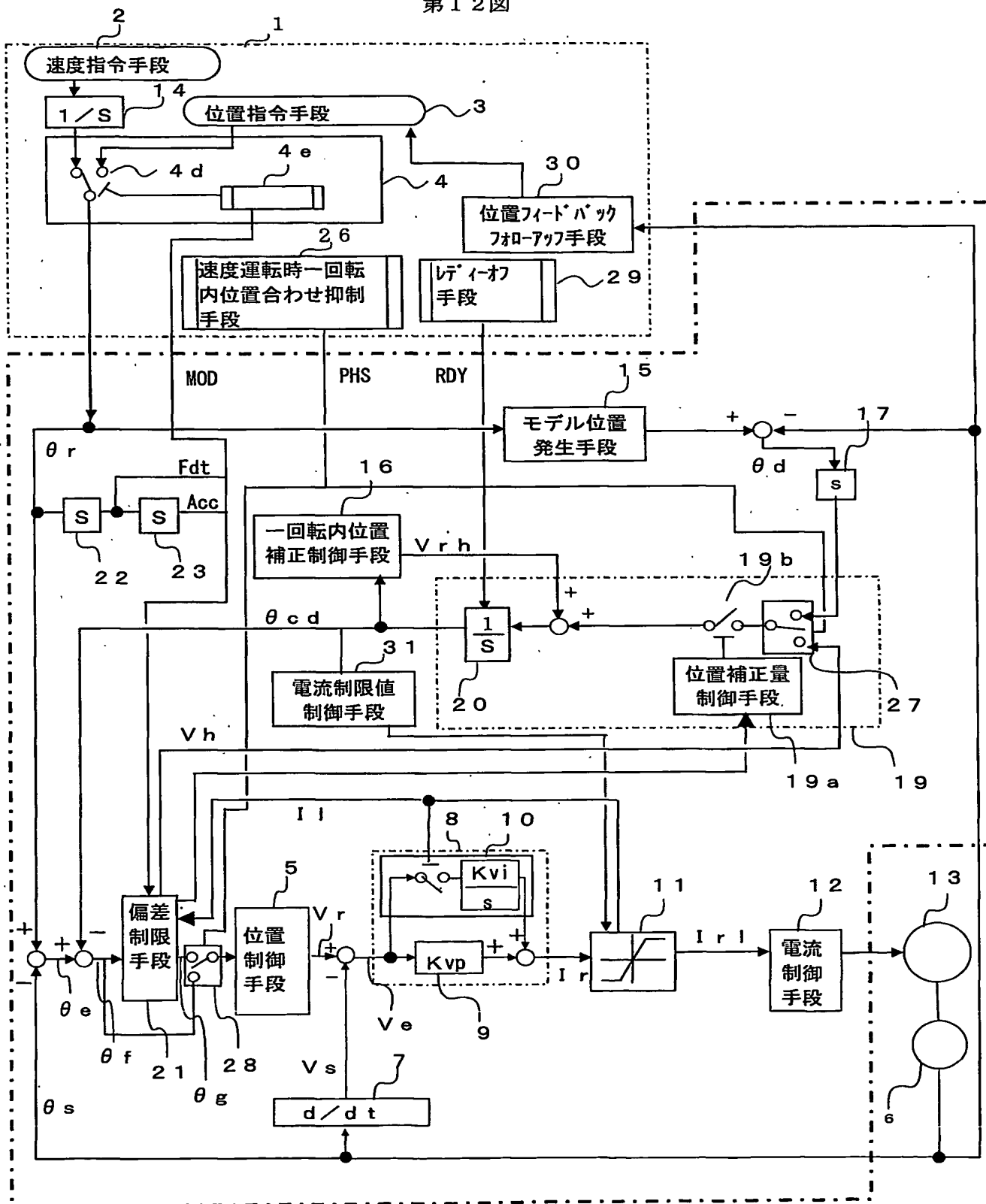
11/16

第 11 図

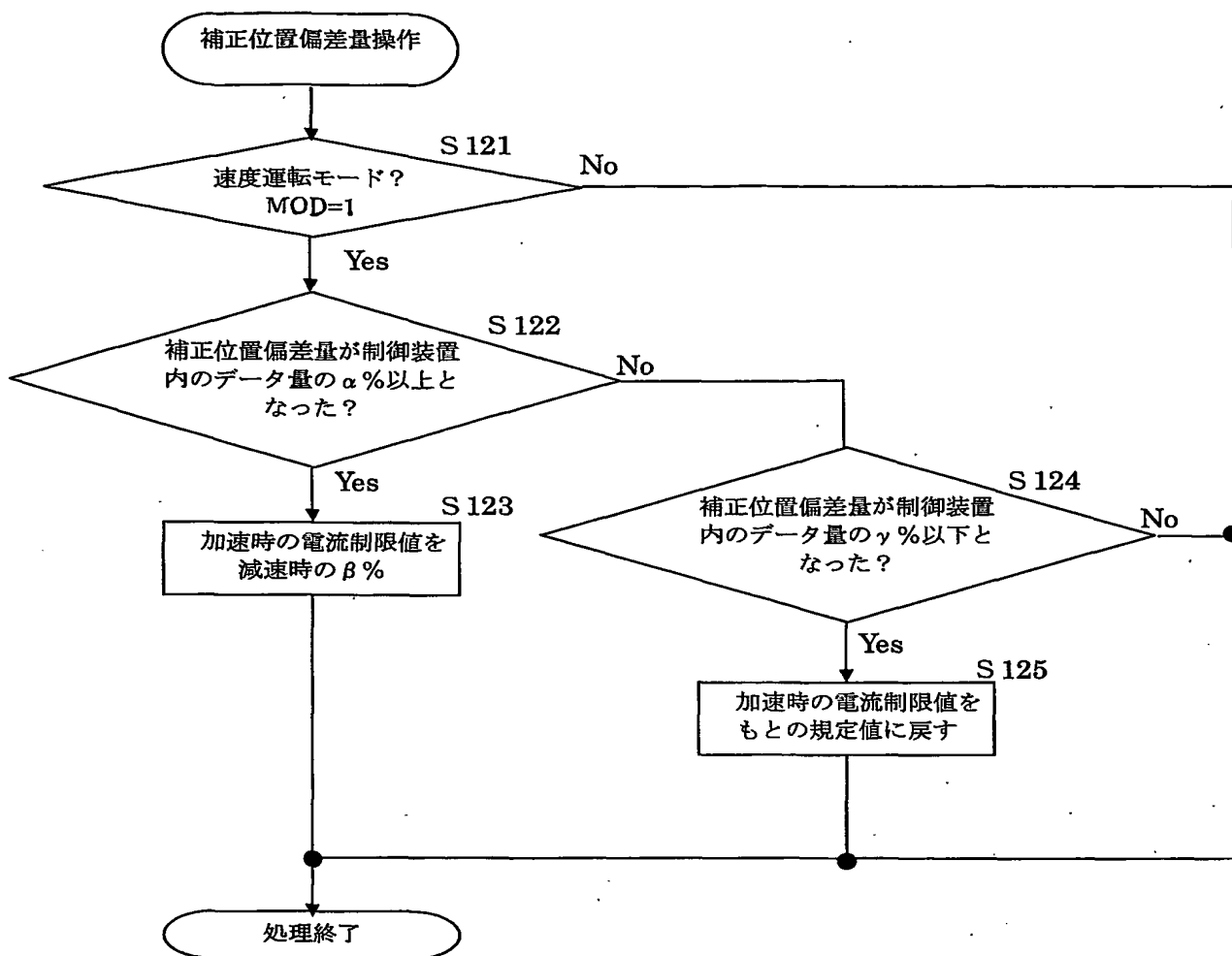


$$12/16$$

第 12 図

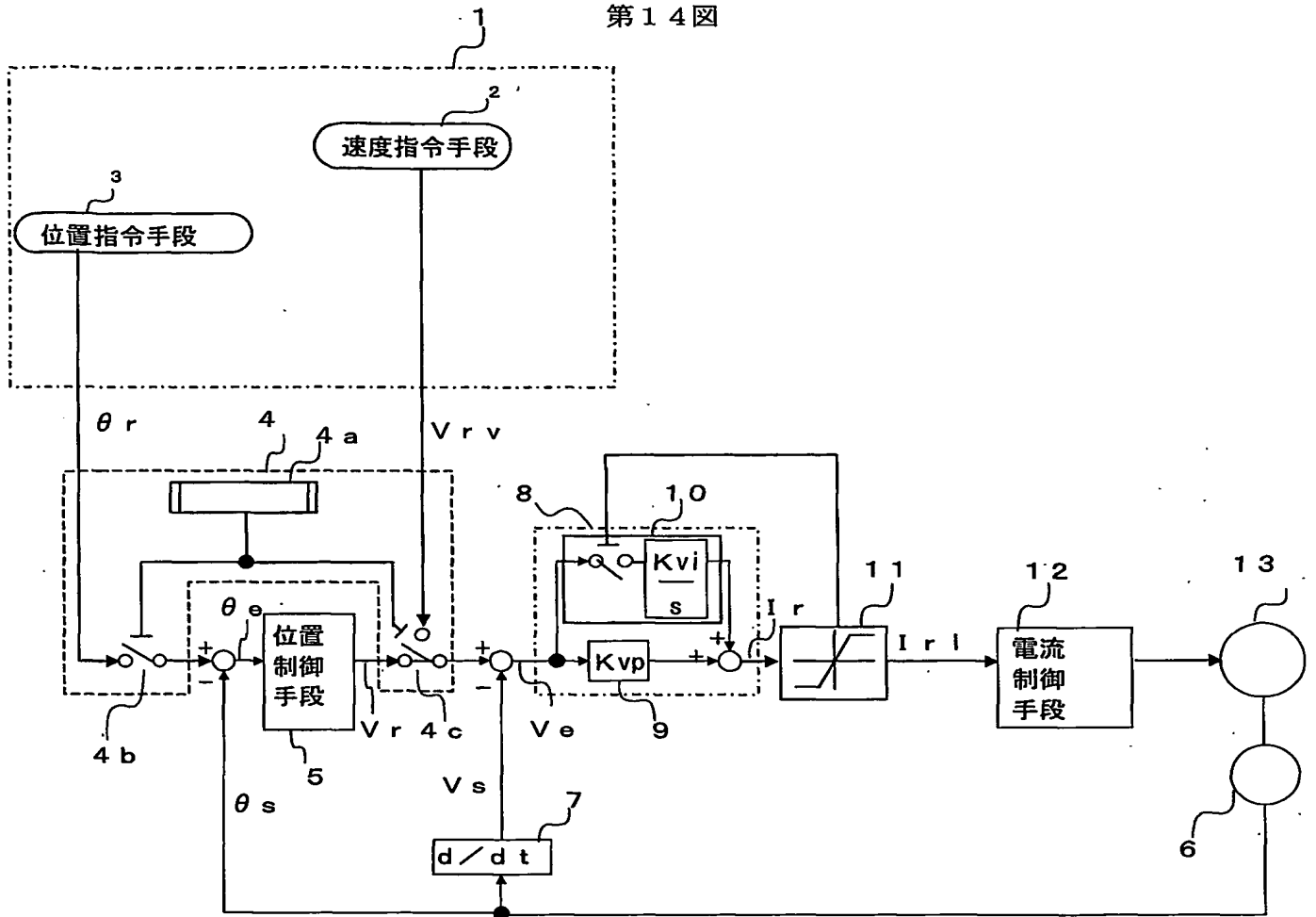


13 / 16
第13図



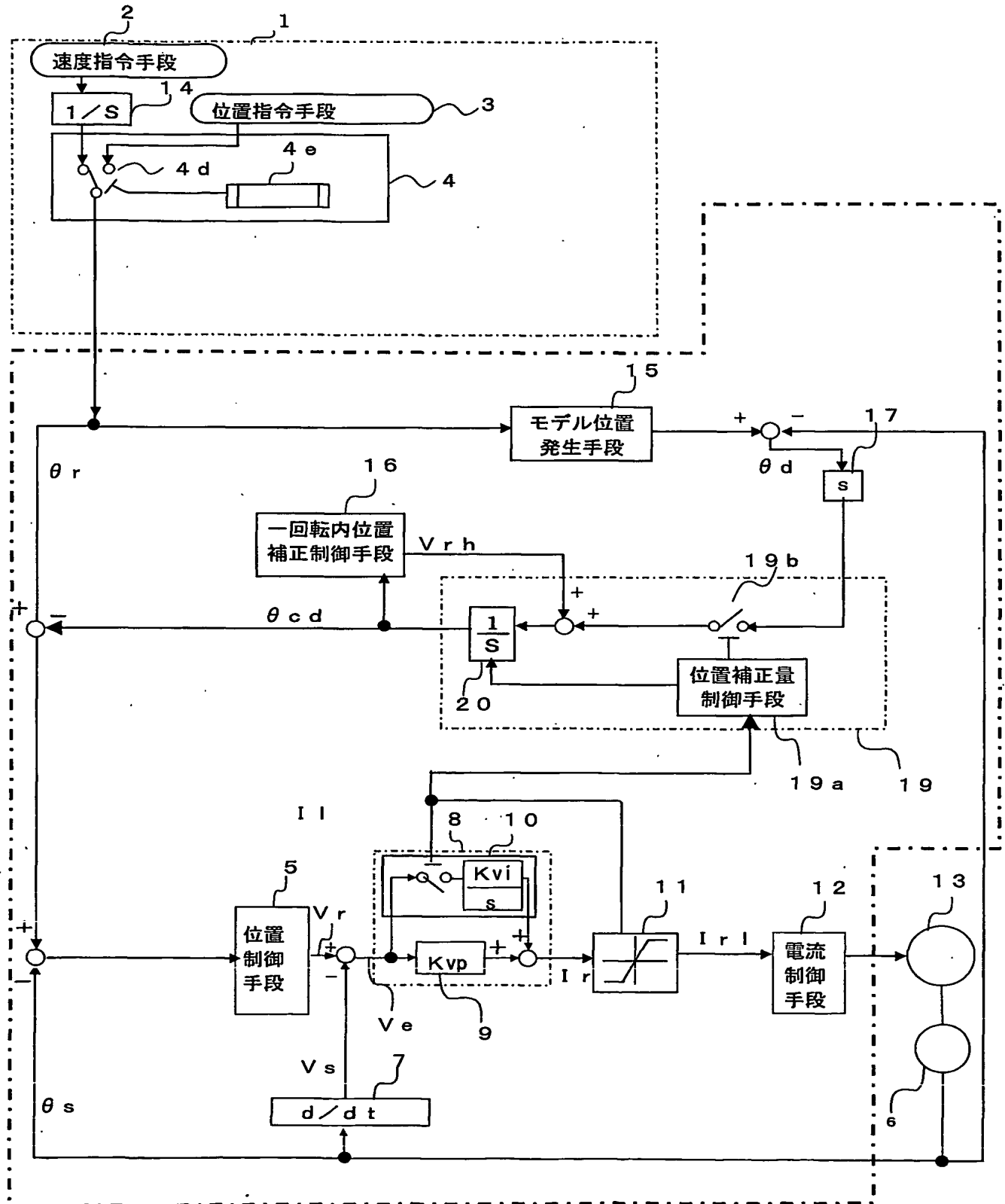
14 / 16

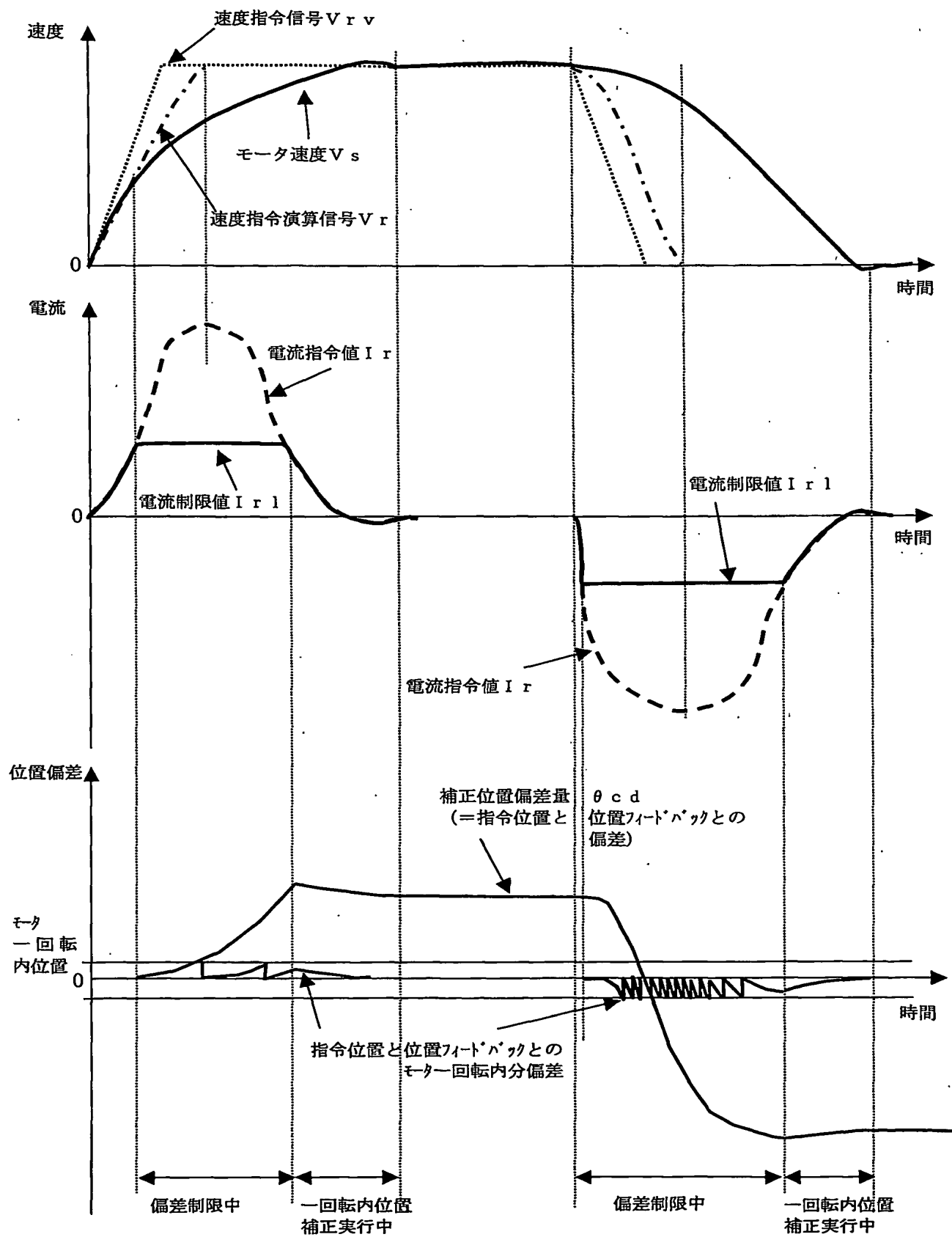
第14図



15 / 16

第15図



16 / 16
第16図

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/008566

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H02P5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H02P5/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2003/085816 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 16 October, 2003 (16.10.03), (Family: none)	1-11
A	WO 2002/039574 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 16 May, 2002 (16.05.02), (Family: none)	1-11
A	JP 3-82385 A (Fanuc Ltd.), 08 April, 1991 (08.04.91), (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 August, 2004 (02.08.04)

Date of mailing of the international search report
17 August, 2004 (17.08.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H02P5/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H02P5/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 2003/085816 A1 (三菱電機株式会社) 16.10.2003 (ファミリーなし)	1-11
A	WO 2002/039574 A1 (三菱電機株式会社) 16.05.2002 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 3-82385 A (ファナック株式会社) 08.04.1991 (ファミリーなし)	1-11

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.08.2004

国際調査報告の発送日

17.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

川端 修

3V

8718

電話番号 03-3581-1101 内線 3356